心理科学进展 2018, Vol. 26, No. 10, 1775–1786
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2018.01775

# 编码如何预测提取？以相继记忆效应为证*

聂爱情 李梦思 潘 如

(浙江大学心理与行为科学系，杭州 310028)

**摘 要** 在记忆领域，编码与提取之间的关系始终备受关注。近37年(1980至今)的研究显示，随后记住信息与随后遗忘信息在编码阶段关联的神经机制明显不同(该差异被称为相继记忆效应)，表明编码能够从神经机制角度预测提取。过去10年间(2008~2017)，研究者在顺承先前研究的基础上另辟蹊径，重点从编码任务中加工水平及目标导向对相继记忆效应的影响、提取任务对相继记忆效应的影响、不同年龄群体之间的相继记忆效应异同、情绪项目和情绪背景对相继记忆效应的影响等角度展开研究。本文从上述四方面对相关研究进行了详细梳理，并从整合研究成果、完善理论模型、挖掘潜在社会因素、探究个体差异和群体差异以及加强应用推广等方面对今后研究进行展望。

**关键词** 相继记忆效应；编码任务；提取任务；年龄；情绪

**分类号** B842



## 1 引言

近年来，记忆的神经机制受到高度关注。例如，事件相关电位(event-related potential, ERP)研究发现，正确提取已学项目较正确辨别新项目激活的波形波幅更正，该差异即为新/旧效应(old/new effect) (Brocher & Graf, 2017; Doidge, Evans, Herron, & Wilding, 2017; Gao, Hermiller, Voss, & Guo, 2015; Leventon & Bauer, 2016; Ross et al., 2015)；功能磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)研究显示，正确提取与错误判断已学项目激活的大脑区域明显不同(Cansino et al., 2017; Fernandes, Moscovitch, Ziegler, & Grady, 2005)。那么，正确与错误提取项目的神经机制差异是仅体现在提取阶段，还是在之前的编码阶段就已经产生？换言之，项目在编码阶段的神经活动能否预测随后的提取结果？近37年的研究为该问题提供了肯定答案(Guo, Duan, Li, & Paller, 2006; Kiefer, Schuch, Schenck, & Fiedler, 2007; Kim, 2011; Liang & Preston, 2017; Martínez-Galindo & Cansino, 2015; Nie, Guo, Wu, Qu, & Ding, 2004; Osipova et al., 2006; Sanquist, Rohrbaugh, Syndulko, & Lindsey, 1980; Vogelsang, Bonnici, Bergström, Ranganath, & Simons, 2016; 郭春彦，朱滢，丁锦红，范思陆，2003)。

研究者通常采用相继记忆范式(subsequent memory paradigm)探究编码对提取的预测作用。该范式中：被试在编码阶段学习一系列项目(如，项目A和项目B)，并在随后的提取阶段从新项目(如，项目C和项目D)中辨别上述已学项目，若被试将A正确判断为已学项目(又称记住项目)、将B错误判断为未学项目(又称遗忘项目)，则基于此结果，对记住项目与遗忘项目进行比较，若两类项目在编码阶段的神经活动明显不同，说明编码可从神经机制角度预测提取结果(Kamp, Bader, & Mecklinger, 2017; Liu, Rosburg, Gao, Weber, & Guo, 2017; Paller, Kutas, & Mayes, 1987; Sanquist et al., 1980)。采用上述范式，Sanquist等人(1980)最早比较了记住项目与遗忘项目在编码阶段的神经活动，结果显示，前者较后者诱发的波形波幅更正，该差异即为晚正成分(late positive complex, LPC)。此后，Paller等人(1987)记录到相似的LPC (400~800 ms)，并将随后记住项目与随后遗忘项

收稿日期：2018-02-02
* 浙江省自然科学基金项目(LY17C090003)；教育部人文社会科学研究规划基金项目(17YJA190010)；中央高校基本科研业务费专项资金资助。
通信作者：聂爱情, E-mail: nieaiq@126.com

目在编码阶段诱发的波形波幅差异称为“基于相继记忆绩效的差异” (difference based on subsequent memory performance)。上述两项早期 ERP 研究开创了比较记住项目与遗忘项目在编码阶段神经活动异同的先河，并一致证明编码可从神经机制角度预测提取。

随后，ERP 研究中记住信息与遗忘信息在编码阶段的神经机制差异受到高度关注，大量研究将这一差异界定为相继记忆效应(subsequent memory effects)，并将该效应视为反映编码的神经标志(Bridger & Wilding, 2010; Kamp et al., 2017; Kiefer et al., 2007; Kuo, Liu, Ting & Chan, 2012; Liu et al., 2017; Martínez-Galindo & Cansino, 2015)。除 ERP 研究外，fMRI 研究和 EEG 神经振荡(brain oscillation)研究同样记录到反映编码预测提取的相继记忆效应。fMRI 研究中的效应表现为记住信息与遗忘信息在不同脑区激活程度的差异(Becker, Kalpouzos, Persson, Laukka, & Brehmer, 2017; Dolcos, LaBar, & Cabeza, 2004; Kim, 2011; Shing, Brehmer, Heekeren, Bäckman, & Lindenberger, 2016); EEG 神经振荡研究中的效应表现为两方面：两类信息在不同频段振荡强度的差异和两类信息在不同频段振荡同步性的差异(Fellner, Bäuml, & Hanslmayr, 2013; Gärtner & Bajbouj, 2014; Hanslmayr & Staudigl, 2014; Osipova et al., 2006)。

相继记忆效应的极性不完全相同：大量研究发现，记住信息较遗忘信息在编码阶段的波形波幅走向更正或脑区激活程度更强；少量研究则得出记住信息较遗忘信息在编码阶段的波形波幅更负或脑区激活程度更弱的结果(Bridger & Wilding, 2010; de Chastelaine et al., 2015; de Chastelaine, Wang, Minton, Muftuler, & Rugg, 2011; Geng, Canada, & Riggins, 2018; Kamp, Potts, & Donchin, 2015; Kiefer et al., 2007; Maillet & Rajah, 2014b; Park, Kennedy, Rodrigue, Hebrank, & Park, 2013)。基于此，本文统一将前一类效应称为正性相继记忆效应，将后一类效应称为负性相继记忆效应；若无特殊说明，此后提及的效应均指正性相继记忆效应(简称相继记忆效应)。

自被提出以来，相继记忆效应一直备受关注，且成果层出不穷。国内外研究者已在 2007 年之前(含 2007 年)从不同角度较为全面地回顾了围绕该效应的有关研究，并发表多篇综述(Friedman & Johnson, 2000; Wagner, Koutstaal, & Schacter, 1999; Wilding & Sharpe, 2003; 秦绍正，韩布新，罗劲，2007)。近 10 年来(2008~2017)，研究者们在顺承先前研究的基础上另辟蹊径，将围绕相继记忆效应的研究推进到一个新阶段：一方面，针对编码任务和提取任务的研究不断推陈出新；另一方面，针对被试年龄和情绪的研究异军突起(Brehmer, Shing, Heekeren, Lindenberger, & Bäckman, 2016; Bridger & Wilding, 2010; de Chastelaine & Rugg, 2015; Geng et al., 2018; Martínez-Galindo & Cansino, 2015; Park, Uncapher, & Rugg, 2008)。鉴于此，本文将重点结合近 10 年来的最新研究成果及相关趋势，围绕编码任务、提取任务、被试年龄和情绪对相继记忆效应的影响进行回顾和总结，并结合有关理论加以解释，以期为今后研究指明方向。

## 2 编码任务对相继记忆效应的影响

编码任务对相继记忆效应的影响主要体现在加工水平(levels of processing)和目标导向任务(orientating task)两方面，本节将分别从这两方面加以论述。

### 2.1 加工水平对相继记忆效应的影响

探究加工水平对相继记忆效应影响的研究思路有：将深编码(deep encoding)与浅编码(shallow encoding)进行比较或在不同深编码条件间进行比较。深编码一般需要被试对学习材料进行更深层次的语义加工，又称语义编码(semantic encoding); 浅编码通常仅涉及对学习材料知觉特征的加工。加工水平理论指出，与浅编码相比，深编码条件的刺激编码痕迹更强且更持久，从而导致后一条件的相继记忆效应更强(de Chastelaine & Rugg, 2015; Kuo et al., 2012; Park et al., 2008); 不同深编码条件由于语义加工存在差异，因而诱发的相继记忆效应也不尽相同(Fellner et al., 2013; Kamp et al., 2017; Maillet & Rajah, 2014b)。

比较深编码与浅编码条件的 ERP 研究为加工水平对相继记忆效应的影响提供可靠证据(de Chastelaine & Rugg, 2015; Kuo et al., 2012; Park et al., 2008)。例如，Kuo 等人(2012)比较判断刺激对应客体能否发声(深编码)与判断汉字结构(浅编码)的 ERP 研究发现，两种编码条件均记录到反映相继记忆效应的 N3 (240~360 ms)、P550 (360~700 ms)和 LPC (700~1000 ms)三个成分；N3 和 LPC 在两

种编码条件下的强度和头皮分布均有所不同: 分布于左下部头皮的 N3 在浅编码条件更强, LPC 在浅编码条件的头皮分布较广、深编码条件仅分布于额区, 且分布于额区的 LPC 在深编码条件更强。上述结果说明编码任务既可调节早期认知加工, 又有助于将信息整合进入长时记忆, 从而使得深编码条件的刺激痕迹更强更持久, 且深编码任务比浅编码任务对额区的依赖程度更强。

除 ERP 研究外, fMRI 研究同样比较了深编码与浅编码条件下的相继记忆效应异同(de Chastelaine & Rugg, 2015; Park et al., 2008)。比较判断单词是否有生命(深编码)与判断单词音节数(浅编码)两种任务条件下来源提取(source retrieval, 即提取项目的编码背景)的研究显示, 两种条件下腹侧纹外视觉皮层的相继记忆效应相似; 深编码条件的效应还分布于海马、左后侧梭状皮层、内侧和外侧枕叶皮层以及右侧颞–顶皮层等区域, 浅编码条件的效应还分布于右侧枕叶皮层和后侧梭状皮层; 可见, 深编码与浅编码任务存在共享的加工过程, 但深编码任务还关联于与语义加工相关的脑区, 浅编码任务还关联于基于视觉特征进行记忆表征的脑区(Park et al., 2008)。另有研究发现, 指示加工水平的编码线索会影响相继记忆效应的极性, 尽管深编码与浅编码两类线索条件均在双侧前海马记录到显著的相继记忆效应, 但深编码线索在该区域记录到正性相继记忆效应, 浅编码线索则在该区域记录到负性相继记忆效应(de Chastelaine & Rugg, 2015)。

研究还发现, 不同深编码条件的相继记忆效应同样存在差异(Fellner et al., 2013; Kamp et al., 2017; Maillet & Rajah, 2014b)。Kamp 等人(2017)比较关系编码(即将两个给定词汇填入句子)与一体化编码(即用两个词汇定义出一个新概念)条件下相继记忆效应的 ERP 研究发现, 关系编码条件记录到顶区 P300 (300~600 ms)和额区慢波(slow wave, 1200~2000 ms)两个成分, 一体化编码条件仅记录到额区慢波成分。Fellner 等人(2013)采用 EEG 神经振荡技术比较生存性编码(即想象自己在荒无人烟且无生存物资的场景下判断每一项目与自身生存的相关性)与生命性编码(即判断每一项目是否有生命)条件下相继记忆效应的研究显示, 生命性编码在 alpha (800~2000 ms, 8~12 Hz, 额区、顶区和枕区)、beta1 (300~2000 ms, 15~19 Hz, 中央区和后部区域)和 beta2 (0~1500 ms, 23~28 Hz, 后部区域)三个频段记录到反映相继记忆效应的振荡强度减弱, 生存性编码则在 alpha (500~1000 ms, 8~12 Hz)和 beta1 (0~1000 ms, 15~19 Hz)频段记录到反映相继记忆效应的振荡同步性增强; 由于振荡同步性指示广泛的头皮网络同时参与当前活动, 因此, 上述结果说明生存性编码比生命性编码需要更广泛的头皮网络参与。Maillet 和 Rajah (2014b)采用 fMRI 技术比较自我参照编码(即判断词汇是否令人愉悦)与非自我参照编码(即判断词汇是否为人造的)的研究发现, 两类编码条件均在左内侧前额区和左侧角回记录到正性相继记忆效应, 并在后扣带回、右侧前扣带回和右侧颞–顶联合区记录到负性相继记忆效应, 自我参照编码还在左侧前扣带回和双外侧颞叶皮层记录到正性相继记忆效应; 作者认为, 由于上述区域均位于默认模式网络(default mode network), 因此该网络各区域在成功编码过程中的贡献有所不同, 各区域的参与形式依赖于编码任务。

### 2.2 目标导向任务对相继记忆效应的影响

目标导向任务研究主要通过控制编码的有意性来改变记忆效果。例如, 有意编码与无意编码条件的记忆效果明显不同(Becker et al., 2017), 定向遗忘范式(directed forgetting paradigm)中不同目标导向线索条件的记忆效果也存在差异(Hsieh, Hung, Tzeng, Lee, & Cheng, 2009)。有意编码会让被试明确知道随后将进行记忆测验, 无意编码则并不告知被试随后有相应测验(Becker et al., 2017; Kontaxopoulou et al., 2017)。研究显示, 有意编码(Geng et al., 2018; Liu et al., 2017; Rollins & Riggins, 2018)和无意编码(Fellner et al., 2013; Ghetti, DeMaster, Yonelinas, & Bunge, 2010; Vogelsang et al., 2016)条件均可记录到显著的相继记忆效应, 然而, 近 10 年来直接比较两类编码条件相继记忆效应的研究并不多。仅有的一项研究比较了两种条件下反映关联再认(associative recognition, 即判断两个或多个不同项目在学习阶段是否共同出现过)的相继记忆效应, 结果显示, 有意编码条件在左前海马和左侧梭状回记录到显著的相继记忆效应, 同时海马与右侧额下回、右侧颞上叶、右侧脑岛间的功能性连接增强也能预测提取结果, 无意编码条件则未记录到显著的相继记忆效应, 说明有意编码条件下海马的激活及海马与其它区域的功

能性连接增强可预测关联再认结果(Becker et al., 2017)。

另有研究发现，在编码项目后呈现的目标导向线索同样可影响相继记忆效应(Hsieh et al., 2009)。Hsieh 等人(2009)采用定向遗忘范式以使被试对学习项目形成不同的编码目标，即在编码阶段逐一呈现项目后，给出“记住”或“遗忘”提示线索，以引导被试对给出“记住”线索的项目进行有意编码，对给出“遗忘”线索的项目进行有意遗忘。结果显示，尽管两类提示线索下与项目关联的相继记忆效应相似，但与两类线索关联的相继记忆效应不完全相同：两类线索条件下在线索呈现后200~500 ms 的中央区和右半球的相继记忆效应相似，600~900 ms 仅在“记住”线索条件记录到头皮分布较广的相继记忆效应，说明目标导向线索也可调节相继记忆效应的头皮时空分布。

## 3 提取任务对相继记忆效应的影响

研究显示，项目再认(Martínez-Galindo & Cansino, 2015)、线索回忆(Liu et al., 2017)、关联再认(de Chastelaine, Mattson, Wang, Donley, & Rugg, 2016)、来源提取(Geng et al., 2018)以及记得/知道范式(remember/know paradigm) (Rollins & Riggins, 2018)等单一提取任务研究均可记录到显著的相继记忆效应。双重加工模型(dual-process model)指出，记忆依赖于熟悉(familiarity)和回想(recollection)两种不同的加工过程：熟悉加工相对自动且更快，无需对与事件关联的背景信息进行有意提取；回想加工相对较慢，且需要策略加工、计划和监控等过程参与(Malejka & Bröder, 2016; Ozubko & Seli, 2016; Yonelinas, Aly, Wang, & Koen, 2010)。项目再认和记得/知道范式中的“知道”判断，更多地依赖于熟悉加工；项目回忆、关联再认、来源提取和记得/知道范式中的“记得”判断则更多地依赖于回想加工(de Chastelaine et al., 2016; Geng et al., 2018; Martínez-Galindo & Cansino, 2015; Rollins & Riggins, 2018)。关注新/旧效应的研究发现，熟悉加工与回想加工在提取阶段的神经活动明显不同(Dulas & Duarte, 2013; Hoppstädter, Baeuchl, Diener, Flor, & Meyer, 2015)，那么二者在编码阶段是否就已经产生分离？鉴于此，本节将基于熟悉和回想加工，通过总结分析不同提取任务间的相继记忆效应异同，为上述问题提供肯定答案。

比较项目再认与来源提取条件相继记忆效应的研究得出不完全一致的结果(Geng et al., 2018; Rollins & Riggins, 2013)。Geng 等人(2018)发现，项目再认条件的相继记忆效应包含两个成分：250~700 ms 分布于额区和中央区的负成分以及1000~1500 ms 头皮分布较广的慢波成分；来源提取条件仅在 1000~1500 ms 记录到头皮分布较广的慢波成分，且前部头皮记录到正性相继记忆效应，中央区和后部头皮则记录到负性相继记忆效应；两类任务条件下的慢波成分在中央区和后部头皮极性的差异，体现了熟悉加工与回想加工在编码阶段的分离(Geng et al., 2018)。Rollins 和 Riggins (2013)在 400~600 ms 记录到一个头皮分布较广的正成分，但该成分仅在项目再认条件显著，来源提取条件未记录到显著效应。上述研究结果的差异可能与提取的来源不同有关：Geng 等人考察的来源是卡通图形，Rollins 和 Riggins 考察的来源则是编码任务。

在同一实验中提取不同来源的研究同样为来源提取任务对相继记忆效应的影响提供可靠证据(Bridger & Wilding, 2010; Estrada-Manilla & Cansino, 2012)。例如，比较位置来源与编码任务来源提取的研究发现：位置来源提取在 300~500 ms 和1100~1300 ms 两时段记录到显著的相继记忆效应，且前部头皮为正性效应，后部头皮为负性效应；编码任务来源提取在 900~1300 ms 记录到头皮分布较广的正性相继记忆效应，作者认为两类来源提取条件在较晚时段的相继记忆效应极性差异说明两类条件的脑内源不同(Bridger & Wilding, 2010)。再如，与仅成功提取图形颜色来源或仅成功提取图形纹理来源的项目相比，两种来源均成功提取的项目在 1100~2000 ms 左侧前额区的相继记忆效应更弱，说明尽管单来源与双来源提取均依赖于回想加工，但双来源提取任务的难度更大，需要更多认知努力和执行控制过程参与(Estrada-Manilla & Cansino, 2012)。

此外，关联再认与其它提取任务间的相继记忆效应异同也受到关注(Kim, 2011; Wong, de Chastelaine, & Rugg, 2013)。fMRI 研究发现，与项目再认相比，关联再认在双侧前运动皮层和后顶叶皮层的相继记忆效应更弱；作者认为，关联再认条件下的效应较弱是由于上述区域均位于注意网络结构，当关联项目同时呈现时，被试需分配

注意资源到不同项目，从而使得各关联项目获得的注意资源较少(Kim, 2011)。比较关联再认与来源提取的研究发现，两种任务在左侧梭状皮层、左前部内侧颞叶以及左壳核的相继记忆效应相似，但关联再认还在左额下回记录到相应效应，位置来源提取则在右侧梭状皮层记录到相应效应，说明关联再认与来源提取在编码阶段的神经机制不完全一致(Wong et al., 2013)。

记得/知道范式研究中的判断依据是：当被试既能感到自己在编码阶段加工过相应项目又能回想出编码项目的细节信息(如来源信息)时，即可做出“记得”判断；当被试仅感到在编码阶段加工过相应项目时则做出“知道”判断(Rollins & Riggins, 2018; Voss & Paller, 2009)。Voss 和 Paller (2009)发现，“记得”判断比“知道”判断条件的 LPC (700~900 ms)更强。最新一项研究也记录到类似的 LPC (700~900 ms)，且该成分仅在“记得”判断条件显著(Rollins & Riggins, 2018)。上述研究一致表明，两种条件下 LPC 的差异可为熟悉加工与回想加工在编码阶段的分离提供证据。

## 4　年龄对相继记忆效应的影响

双成分框架(two-component framework)指出：情景记忆需要策略成分和联结成分的参与，两种成分的作用机制有所不同但又相互影响；策略成分的作用是控制，主要发生于前额区；联结成分的作用是绑定不同刺激特征以形成统一表征，主要发生于内侧颞叶。与成人相比，儿童由于前额区尚未发育成熟，策略成分的作用较弱，因而编码效果较差；与低龄成人相比，老人则由于前额区和内侧颞叶功能均有所弱化，策略成分和联结成分在老人中的作用均较弱，导致他们的编码效果也较弱(Shing et al., 2010, 2016 )。双成分框架同样为年龄差异对相继记忆效应的影响提供合理解释。迄今为止，年龄对相继记忆效应的影响研究主要从不同成长阶段的比较以及年龄老化两方面开展。

### 4.1　相继记忆效应在不同成长阶段的差异显著

ERP 和 fMRI 研究均显示，儿童与成人的相继记忆效应明显不同(Geng et al., 2018; Ghetti et al., 2010; Rollins & Riggins, 2013, 2018; Shing et al., 2016)。Rollins 和 Riggins (2013, 2018)通过两项 ERP 研究比较了儿童与成人的相继记忆效应异同，但两项研究的结果不完全一致。第一项研究发现，儿童(平均 6.52 岁)与成人(平均 20.91 岁)的相继记忆效应的头皮时空分布和极性均有所不同：儿童在 700~900 ms 的额区记录到一个负性效应，成人则在 400~600 ms 记录到一个头皮分布较广的正性效应(Rollins & Riggins, 2013)。第二项研究采用记得/知道范式，并选取儿童(平均 7.84 岁)、青少年(平均 12.86 岁)和成人(平均 20.68 岁)三组被试，结果显示，三组被试的“记得”判断项目均在 700~900 ms 记录到一个头皮分布较广的正成分，“知道”判断项目则未记录到任何效应，说明三组被试在编码阶段预测回想加工的 ERP 成分相似(Rollins & Riggins, 2018)。Geng 等人(2018)发现，项目再认条件下，4.0~6.7 岁与 6.7~8.0 岁两组儿童均在 250~700 ms 的额区和中央区记录到一个负成分(negative component, Nc) (该成分反映记忆对注意的调节)，1000~1500 ms 头皮分布较广的慢波成分仅在 6.7~8.0 岁儿童组出现(该成分反映记忆更新过程)；来源提取条件仅在 6.7~8.0 岁儿童组记录到头皮分布较广的慢波成分，这些结果说明儿童编码的神经机制在童年早期就呈现出发展性变化趋势。

fMRI 研究同样比较了儿童与成人的相继记忆效应异同(Ghetti et al., 2010; Shing et al., 2016)。例如，Shing 等人(2016)发现，10~12 岁儿童与 21~26 岁成人的相继记忆效应在内侧颞叶相似，但儿童在前额区的激活更弱，说明前额区和内侧颞叶在儿童与成人群体成功编码中的贡献有所不同，儿童需经历由浅入深、由死记硬背到精细编码的策略转变，同时也需经历由主要依赖于内侧颞叶过渡到依赖于前额区与内侧颞叶协同作用的功能性转变，符合双成分框架。Ghetti 等人(2010)比较 8 岁儿童、10~11 岁儿童、14 岁青少年以及大学生的来源提取研究却得出不完全一致的结果：在 4 组被试的内侧颞叶均记录到与项目再认关联的相继记忆效应，但仅有青少年和成人在该区域的激活对随后的来源提取具有预测作用，说明内侧颞叶在成长中发生了结构性转变，逐渐专职于回想加工，但也可能是由于内侧颞叶与前额区的功能性连接随年龄增长而有所增强。

### 4.2　年龄老化对相继记忆效应的影响

总结分析可知，青年与老人的正性和负性相继记忆效应均有所不同(de Chastelaine et al., 2015;

Maillet & Rajah, 2014b; Park et al., 2013)。其中，负性相继记忆效应通常位于包括内侧前额区、后扣带回、下顶叶和外侧颞叶皮层等在内的网络结构(统称默认模式网络)，该网络结构的激活指示与任务无关的加工，因此该网络的负性相继记忆效应指示对任务无关加工的抑制，从而使得认知资源高效应用于目标任务，以促进成功编码(de Chastelaine et al., 2015; Maillet & Rajah, 2014b; Park et al., 2013)。

词汇研究发现，青年在默认模式网络记录到负性相继记忆效应，老人则记录到正性相继记忆效应(de Chastelaine et al., 2011)。de Chastelaine 等人(2015)的后续研究发现，默认模式网络的负性相继记忆效应在青年、中年和老人群体间呈现出随年龄增长而弱化的趋势。图形研究发现，与视觉空间加工关联的双侧枕–颞–顶区网络的正性相继记忆效应在青年、中年和老人群体间差异显著，表现出随年龄增长而逐渐弱化的趋势；顶叶的负性相继记忆效应在前两组被试间相似，老人群体的效应则明显弱化(Park et al., 2013)。Maillet 和 Rajah (2014a)的元分析表明，老人在前额叶和顶叶记录到正性相继记忆效应，青年则记录到负性相继记忆效应，两组被试在内侧颞叶的效应相似。上述结果一致说明，老人抑制任务无关加工的能力明显降低。与上述研究不同，另有研究发现老人较青年在背内侧前额区的负性相继记忆效应更强，引起上述差异的可能原因是该研究关注了来源提取条件，对于老人而言，来源提取任务更难，因此需要付出更多努力以抑制任务无关加工；此外，青年群体在内侧眶额回记录到正性相继记忆效应，中年和老人则无相应效应(Cansino et al., 2015)。另有研究发现，老人与青年对具有社会情感价值信息的编码加工不同(Cassidy, Hedden, Yoon, & Gutchess, 2014)。Cassidy 等人采用真假社会性陈述句作为实验材料(例如，女性比男性的心跳更快，为真；男性是女性眨眼频率的两倍，为假)的研究发现，青年在背内侧前额区的相继记忆效应比老人更强，说明青年更关注知识获取；老人在腹内侧前额区和脑岛的效应更强，说明老人更关注信息的社会情感价值。

研究还发现，年龄对相继记忆效应的影响取决于被试的记忆能力(Brehmer et al., 2016; Duverne, Motamedinia, & Rugg, 2009; Park et al., 2013)。例如，研究显示，记忆能力均较好的儿童、中年人和老人三组被试的相继记忆效应相似(Brehmer et al., 2016)；记忆能力均较好的青年、中年人与老人的相继记忆效应相似，但记忆能力均较差的青年、中年人与老人三组被试的负性相继记忆效应随年龄增长而减弱(Park et al., 2013)。青年与再认能力较好老人的相继记忆效应相似，再认能力较差老人比青年在后扣带回的负性相继记忆效应更弱(Duverne et al., 2009)。

## 5 情绪对相继记忆效应的影响

情绪对相继记忆效应的影响主要通过如下两个途径实现：一是编码项目具有不同情绪效价，二是编码背景具有不同情绪效价。

### 5.1 情绪项目对相继记忆效应的影响

采用词汇、图形和面孔等材料的研究均显示，与中性项目相比，情绪项目的相继记忆效应更强(Kamp et al., 2015; Righi et al., 2012; Watts, Buratto, Brotherhood, Barnacle, & Schaefer, 2014; Yick, Buratto, & Schaefer, 2015)。例如，Watts 等人(2014)发现，尽管消极图形和中性图形均在 200~400 ms、400~800 ms 和 800~1500 ms 三个时段记录到显著的相继记忆效应，但消极图形的效应在上述时段的头皮分布均较广；Yick 等人(2015)发现，消极图形在 400~1000 ms 和 1000~1500 ms 均记录到头皮分布较广的正成分，中性图形则无显著效应；Righi 等人(2012)发现，恐惧面孔比中性面孔在 350~600 ms 的中央区和顶区的相继记忆效应更强。上述研究一致说明，情绪项目(尤其是消极项目)比中性项目在编码阶段捕获的加工资源更多。

与上述研究不同的是，Galli, Wolpe 和 Otten (2011)并未记录到情绪项目比中性项目更强的相继记忆效应。他们在编码阶段的所有图形前呈现提示图形情绪效价的线索：积极、中性或消极。结果显示，三类情绪效价图形在 200~600 ms、600~1000 ms 和 1000~1900 ms 三个时段的前部头皮记录到相似的相继记忆效应。作者认为，导致相继记忆效应不受情绪效价影响的可能原因是，项目前呈现的提示线索对被试的反应起了诱发作用，即提前诱发被试进行情绪加工，导致线索与后续图形编码产生认知资源竞争，从而削弱图形编码时的认知资源投入。

研究还显示，积极项目与消极项目的相继记

忆效应有所不同(Kamp et al., 2015; Righi et al., 2012)。Kamp 等人(2015)的词汇研究发现，积极和消极词汇均在中央区记录到反映语义加工的 N400，且积极词汇的相继记忆效应为正性、消极词汇的效应为负性；消极词汇还记录到促进情绪性加工的 P300，说明消极词汇通过促进情绪性加工和语义加工增强编码，积极词汇则仅通过促进语义加工增强编码。另有研究显示，恐惧面孔比愉悦面孔在 350~600 ms 的中央区和顶区的相继记忆效应更强，说明与积极项目相比，具有威胁性的项目在编码时能捕获更多加工资源，从而得到更好的编码(Righi et al., 2012)。

### 5.2　情绪背景对相继记忆效应的影响

总结分析可知，情绪背景较中性背景条件下编码项目的相继记忆效应更强(Gärtner & Bajbouj, 2014; Martínez-Galindo & Cansino, 2015)，且积极背景较消极背景条件的相继记忆效应更强(Martínez-Galindo & Cansino, 2015)。情绪等价信息假说(affect-as-information hypothesis)为积极背景较消极背景条件下相继记忆效应更强的结果提供合理解释。该假说认为，情绪作为一种信息可直接影响个体的编码策略：积极背景可促进关系编码，使得个体关注目标事件之间的关系；消极背景则促进项目编码，易导致被试采用项目特异性加工策略，更关注目标事件的独特信息(Gärtner & Bajbouj, 2014; Schwarz, 2010)。有关研究为情绪等价信息假说提供可靠证据(Gärtner & Bajbouj, 2014; Martínez-Galindo & Cansino, 2015)。

Gärtner 和 Bajbouj (2014)通过影片诱发情绪背景，并比较积极背景与消极背景条件下编码词汇的 EEG 神经振荡活动，结果显示：积极背景下，记住项目较遗忘项目在 delta (0~760 ms, 2~8 Hz, 广泛分布)频段的振荡同步性增强；消极背景下，记住项目较遗忘项目在 beta (360~1480 ms, 16~29 Hz, 额叶)频段的去同步性增强。作者认为，由于编码阶段神经振荡的同步性与整合不同皮层的输入信息有关，去同步性则与局部脑区的专门化活动有关，因此，上述结果说明积极背景可促进被试采用更精细的关系编码策略，消极背景则促进被试采用刺激驱动的项目特异性编码策略。

与上述情绪背景诱发方式不同，Martínez-Galindo 和 Cansino (2015)通过游戏形式诱导被试对编码项目关联出不同的情绪背景，进而探究背景效价对相继记忆效应的影响。他们首先在编码阶段呈现中性面孔，随后让被试与每一面孔进行赌博游戏，即将面孔作为与被试竞争的虚拟对手，主试通过操纵游戏任务中被试赢或输的概率诱导被试生成与每一面孔关联的积极或消极背景；同时，研究还设置了非游戏的中性背景。结果发现，由于赢了游戏而与积极背景关联的面孔在枕区记录到反映相继记忆效应的 N170 (140~200 ms)和 P300 (200~500 ms)两个成分，之后在额区记录到慢波成分(500~1100 ms)，上述三个成分分别反映对面孔的结构加工、知觉加工和精细加工；由于输了游戏而与消极背景关联的面孔和中性背景条件的面孔均无显著效应。

## 6　总结与展望

本文通过梳理近 10 年来的相关研究，重点回顾了编码任务、提取任务、被试年龄和情绪对相继记忆效应的影响，进一步为编码能预测提取的观点提供可靠证据，取得的丰硕成果令人欣喜。然而，现有研究仍存在诸多不足，鉴于此，本文试图从如下几方面对后续研究进行展望。

### 6.1　整合研究成果

尽管我们已试图对近 10 年的研究进行全面梳理，但研究结果的整合并非易事，其原因有三。第一，研究结果存在一定差异。例如，项目再认与来源提取条件的比较研究得出不完全一致的结果(Geng et al., 2018; Rollins & Riggins, 2013)，儿童与成人的比较研究结果也存在差异(Rollins & Riggins, 2013, 2018)。造成不同研究间结果差异的可能原因是多方面的，除本文重点提及的编码任务、提取任务、被试年龄和情绪外，提示线索(de Chastelaine & Rugg, 2015; Galli et al., 2011; Hsieh et al., 2009)、刺激材料特性(Kamp et al., 2015; Righi et al., 2012; Yick et al., 2015)等均可影响实验结果。第二，就 ERP 研究而言：(1)不同研究关注的成分不完全一致，仅本文回顾的文献就提及 LPC、N170、N3、N400、P300、P550 和慢波等多个成分，另有研究则简单地将相关成分称为正成分和负成分；(2)即便对于同一成分，各项研究关注的时段也不完全相同，以 LPC 为例：Kuo 等人(2012)关注了 700~1000 ms、Voss 和 Paller (2009)及 Rollins 和 Riggins (2018)则关注了 700~900 ms; 以慢波成分为例：Geng 等人(2018)关注了 1000~

1500 ms、Kamp 等人(2017)关注了 1200~2000 ms、Martínez-Galindo 和 Cansino (2015)则关注了 500~1100 ms。第三，fMRI 研究涉及的脑区众多，且相关脑区在编码中的作用迥异；如默认模式网络包含内侧前额区、后扣带回、下顶叶和外侧颞叶等区域，且该网络中不同区域在成功编码时的贡献依赖于编码任务(Maillet & Rajah, 2014b)。基于上述分析，今后研究应秉承求同存异的原则，通过实验验证先前研究结果差异产生的原因，进一步梳理 ERP 研究中各成分的意义及其时段，并区分 fMRI 研究中涉及的脑区及其功能。

### 6.2 完善理论模型

本述评结合加工水平理论、双重加工模型和情绪等价信息假说，分别为编码任务、提取任务及情绪背景对相继记忆效应的影响提供合理解释；同时，不同成长阶段相继记忆效应的发展变化以及年龄老化对相继记忆效应的影响均与双成分框架不谋而合。然而，现有理论模型还不完善。第一，研究变量复杂多样，但相关理论还不够全面。例如，加工水平理论仅对深编码和浅编码进行区分，却忽视不同深编码及不同浅编码条件的差异，因此，尚不存在能全面揭示加工水平作用效果的理论模型(Fellner et al., 2013; Kamp et al., 2017; Maillet & Rajah, 2014b)；再如，情绪研究将项目情绪性与背景情绪性割裂开来，但二者的作用机制是否完全不同？目前尚无对该问题的完美解答。第二，部分变量作用机制的理论模型仍为空白。例如，尽管已有研究发现有意编码与无意编码条件的相继记忆效应明显不同(Becker et al., 2017)、情绪项目较中性项目的相继记忆效应更强(Kamp et al., 2015; Righi et al., 2012; Watts et al., 2014; Yick et al., 2015)，但尚未见针对上述目标导向任务和项目情绪性等变量作用机制的理论模型。可见，围绕独立变量作用机制的理论模型尚显单薄，且鲜见针对重要变量间交互作用的研究，因而难以构建能统合所有变量作用效果的理论模型。未来研究应丰富各独立变量的理论解释，关注变量间的交互作用，进而从宏观角度构建能统合所有变量作用机制的理论模型。

### 6.3 挖掘潜在社会因素

近年来，社会认知已成为认知神经科学领域的研究热点(Sliwa & Freiwald, 2017; Tsoi, Dungan, Waytz, & Young, 2016)，记忆的神经机制研究同样关注到社会因素的作用(Proberbio, La Mastra, & Zani, 2016; Wong et al., 2017)。在相继记忆效应领域，目前仅有少量研究试图从社会因素角度切入(Cassidy et al., 2014; Martínez-Galindo & Cansino, 2015)。例如，Cassidy 等人(2014)采用的研究材料具有一定的社会性，但该研究并未直接比较社会信息与非社会信息间的相继记忆效应异同；Martínez-Galind 和 Cansino (2015)采用的面孔材料和游戏范式在一定程度上为探究社会因素对相继记忆效应的影响提供借鉴，但该研究设置的赌博游戏与真实生活情景仍存在一定差距。鉴于此，未来研究可从以下两方面展开：(1)扩充刺激材料类型，如采用与社会图式、社会刻板印象等相关的社会信息为材料，直接比较社会信息与非社会信息间的相继记忆效应异同；(2)扩充实验范式，如可通过游戏等范式探究被试在合作和竞争等互动形式下的相继记忆效应。相信结合上述思路，相继记忆效应研究在未来定能紧随当代认知神经科学的潮流。

### 6.4 探究个体差异和群体差异

根据前述回顾可知，针对相继记忆效应的个体差异和群体差异研究多围绕年龄和记忆能力两方面展开(Brehmer et al., 2016; Duverne et al., 2009; Park et al., 2013)，病人等其他群体研究寥寥无几。一项比较健康被试与精神分裂症患者的研究发现，健康被试在内侧颞叶和梭状皮层均记录到显著的相继记忆效应，精神分裂症患者仅在梭状皮层记录到相应效应，但患者在该区域的激活程度更强；上述结果说明患者可将梭状皮层激活作为功能补偿，以减少对内侧颞叶的依赖(Collier, Wolf, Valdez, Gur, & Gur, 2014)。主诉健忘(subjective memory complaints)老人与健康老人的比较研究发现，主诉健忘老人在枕叶、顶上小叶、中央前回和中央后回记录到负性相继记忆效应，健康老人则在上述区域记录到正性效应，说明主诉健忘老人比健康老人在编码时将注意资源投入目标任务的能力更低(Hayes et al., 2017)。上述研究对于疾病的预防、诊断和治疗意义重大，因此今后研究应进一步开展不同病症患者(包括精神分裂症、阿兹海默症、健忘症、脑损伤、焦虑症、抑郁症、创伤后应激障碍等病症患者)与健康群体之间的比较研究。此外，还应从更多角度丰富个体差异和群体差异研究，例如，探究人格特点、受教育程

度、心理理论水平和工作记忆能力等因素对相继记忆效应的影响。我们相信，结合上述角度展开的研究，必定有助于全面揭示个体和群体等因素影响相继记忆效应的深层机制。

### 6.5　加强研究成果的应用推广

目前针对相继记忆效应的工作基本停留在实验室研究层面，其实践应用价值几乎无人问津。鉴于此，希望相继记忆效应的众多研究者今后至少从如下几方面推广其应用价值：(1)编码任务和提取任务研究可为学习者与教育者提供基于编码和提取的优化记忆方法，从而达到优化学习和优化教育教学的目的；(2)年龄研究有助于为促进儿童情景记忆发展以及延缓记忆衰老等工作提供科学依据；(3)情绪研究中对情绪项目和情绪背景的关注可在司法领域为包含情绪性事件(如交通事故和杀人)的目击证人证词取证提供参考；(4)通过对病患群体的研究，不仅可揭示导致患者记忆功能衰减的机制，还能为疾病的预防、诊断和治疗提供参考。可见，相继记忆效应研究成果的应用推广是其研究价值的最终体现，理应成为今后工作中不可或缺的一环。

## 参考文献


郭春彦，朱滢，丁锦红，范思陆．(2003)．不同加工与记忆编码关系的 ERP 研究．*心理学报*, *35*(2), 150–156.

秦绍正，韩布新，罗劲．(2007)．相继记忆模式：展现情节记忆形成脑机制的窗口．*心理科学进展*, *15*(3), 401–408.

Becker, N., Kalpouzos, G., Persson, J., Laukka, E. J., & Brehmer, Y. (2017). Differential effects of encoding instructions on brain activity patterns of item and associative memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *29*(3), 545–559.

Brehmer, Y., Shing, Y. L., Heekeren, H. R., Lindenberger, U., & Bäckman, L. (2016). Training-induced changes in subsequent-memory effects: No major differences among children, younger adults, and older adults. *NeuroImage*, *131*, 214–225.

Bridger, E. K., & Wilding, E. L. (2010). Requirements at retrieval modulate subsequent memory effects: An event-related potential study. *Cognitive Neuroscience*, *1*(4), 254–260.

Brocher, A., & Graf, T. (2017). Decision-related factors in pupil old/new effects: Attention, response execution, and false memory. *Neuropsychologia*, *102*, 124–134.

Cansino, S., Estrada-Manilla, C., Trejo-Morales, P., Pasaye-Alcaraz, E. H., Aguilar-Castañeda, E., Salgado-Lujambio, P., & Sosa-Ortiz, A. L. (2015). fMRI subsequent source memory effects in young, middle-aged and old adults. *Behavioural Brain Research*, *280*, 24–35.

Cansino, S., Trejo-Morales, P., Estrada-Manilla, C., Pasaye-Alcaraz, E. H., Aguilar-Castañeda, E., Salgado-Lujambio, P., & Sosa-Ortiz, A. L. (2017). Effective connectivity during successful and unsuccessful recollection in young and old adults. *Neuropsychologia*, *103*, 168–182.

Cassidy, B. S., Hedden, T., Yoon, C., & Gutchess, A. H. (2014). Age differences in medial prefrontal activity for subsequent memory of truth value. *Frontiers in Psychology*, *5*, 87.

Collier, A. K., Wolf, D. H., Valdez, J. N., Gur, R. E., & Gur, R. C. (2014). Subsequent memory effects in schizophrenia. *Psychiatry Research*, *224*(3), 211–217.

de Chastelaine, M., Mattson, J. T., Wang, T. H., Donley, B. E., & Rugg, M. D. (2015). Sensitivity of negative subsequent memory and task-negative effects to age and associative memory performance. *Brain Research*, *1612*, 16–29.

de Chastelaine, M., Mattson, J. T., Wang, T. H., Donley, B. E., & Rugg, M. D. (2016). The relationships between age, associative memory performance, and the neural correlates of successful associative memory encoding. *Neurobiology of Aging*, *42*, 163–176.

de Chastelaine, M., & Rugg, M. D. (2015). The effects of study task on prestimulus subsequent memory effects in the hippocampus. *Hippocampus*, *25*(11), 1217–1223.

de Chastelaine, M., Wang, T. H., Minton, B., Muftuler, L. T., & Rugg, M. D. (2011). The effects of age, memory performance, and callosal integrity on the neural correlates of successful associative encoding. *Cerebral Cortex*, *21*(9), 2166–2176.

Doidge, A. N., Evans, L. H., Herron, J. E., & Wilding, E. L. (2017). Separating content-specific retrieval from post-retrieval processing. *Cortex*, *86*, 1–10.

Dolcos, F., LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2004). Dissociable effects of arousal and valence on prefrontal activity indexing emotional evaluation and subsequent memory: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, *23*, 64–74.

Dulas, M. R., & Duarte, A. (2013). The influence of directed attention at encoding on source memory retrieval in the young and old: An ERP study. *Brain Research*, *1500*, 55–71.

Duverne, S., Motamedinia, S., & Rugg, M. D. (2009). The relationship between aging, performance, and the neural correlates of successful memory encoding. *Cerebral Cortex*, *19*(3), 733–744.

Estrada-Manilla, C., & Cansino, S. (2012). Event-related potential variations in the encoding and retrieval of different amounts of contextual information. *Behavioural Brain Research*, *232*(1), 190–201.

Fellner, M. C., Bäuml, K. T., & Hanslmayr, S. (2013). Brain oscillatory subsequent memory effects differ in power and long-range synchronization between semantic and survival

processing. *NeuroImage, 79*, 361–370.

Fernandes, M. A., Moscovitch, M., Ziegler, M., & Grady, C. (2005). Brain regions associated with successful and unsuccessful retrieval of verbal episodic memory as revealed by divided attention. *Neuropsychologia, 43*(8), 1115–1127.

Friedman, D., & Johnson, R. J. (2000). Event-related potential (ERP) studies of memory encoding and retrieval: A selective review. *Microscopy Research and Technique, 51*(1), 6–28.

Galli, G., Wolpe, N., & Otten, L. J. (2011). Sex differences in the use of anticipatory brain activity to encode emotional events. *Journal of Neuroscience, 31*(34), 12364–12370.

Gao, C. J., Hermiller, M. S., Voss, J. L., & Guo, C. Y. (2015). Basic perceptual changes that alter meaning and neural correlates of recognition memory. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*, 49.

Gärtner, M., & Bajbouj, M. (2014). Encoding-related EEG oscillations during memory formation are modulated by mood state. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9*(12), 1934–1941.

Geng, F., Canada, K., & Riggins, T. (2018). Age- and performance-related differences in encoding during early childhood: Insights from event-related potentials. *Memory, 26*(4), 451–461.

Ghetti, S., DeMaster, D. M., Yonelinas, A. P., & Bunge, S. A. (2010). Developmental differences in medial temporal lobe function during memory encoding. *Journal of Neuroscience, 30*(28), 9548–9556.

Guo, C., Duan, L., Li, W., & Paller, K. A. (2006). Distinguishing source memory and item memory: Brain potentials at encoding and retrieval. *Brain Research, 1118*(1), 142–154.

Hanslmayr, S., & Staudigl, T. (2014). How brain oscillations form memories — A processing based perspective on oscillatory subsequent memory effects. *NeuroImage, 85*, 648–655.

Hayes, J. M., Tang, L., Viviano, R. P., Rooden, V. S., Ofen, N., & Damoiseaux, J. S. (2017). Subjective memory complaints are associated with brain activation supporting successful memory encoding. *Neurobiology of Aging, 60*, 71–80.

Hoppstädter, M., Baeuchl, C., Diener, C., Flor, H., & Meyer, P. (2015). Simultaneous EEG-fMRI reveals brain networks underlying recognition memory ERP old/new effects. *NeuroImage, 116*, 112–122.

Hsieh, L. T., Hung, D. L., Tzeng, O. J. L., Lee, J. R., & Cheng, S. (2009). An event-related potential investigation of the processing of remember/forget cues and item encoding in item-method directed forgetting. *Brain Research, 1250*, 190–201.

Kamp, S. M., Bader, R., & Mecklinger, A. (2017). ERP subsequent memory effects differ between inter-item and unitization encoding tasks. *Frontiers in Human Neuroscience, 11*, 30.

Kamp, S. M., Potts, G. F., & Donchin, E. (2015). On the roles of distinctiveness and semantic expectancies in episodic encoding of emotional words. *Psychophysiology, 52*(12), 1599–1609.

Kiefer, M., Schuch, S., Schenck, W., & Fiedler, K. (2007). Emotion and memory: Event-related potential indices predictive for subsequent successful memory depend on the emotional mood state. *Advances in Cognitive Psychology, 3*(3), 363–373.

Kim, H. (2011). Neural activity that predicts subsequent memory and forgetting: A meta-analysis of 74 fMRI studies. *NeuroImage, 54*, 2446–2461.

Kontaxopoulou, D., Beratis, I. N., Fragkiadaki, S., Pavlou, D., Yannis, G., Economou, A., ... Papageorgiou, S. G. (2017). Incidental and intentional memory: Their relation with attention and executive functions. *Archives of Clinical Neuropsychology, 32*(5), 519–532.

Kuo, M. C. C., Liu, K. P. Y., Ting, K. H., & Chan, C. C. H. (2012). Differentiation of perceptual and semantic subsequent memory effects using an orthographic paradigm. *Brain Research, 1486*, 82–91.

Leventon, J. S., & Bauer, P. J. (2016). Emotion regulation during the encoding of emotional stimuli: Effects on subsequent memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 142*, 312–333.

Liang, J. C., & Preston, A. R. (2017). Medial temporal lobe reinstatement of content-specific details predicts source memory. *Cortex, 91*, 67–78.

Liu, Y., Rosburg, T., Gao, C., Weber, C., & Guo, C. (2017). Differentiation of subsequent memory effects between retrieval practice and elaborative study. *Biological Psychology, 127*, 134–147.

Maillet, D., & Rajah, M. N. (2014a). Age-related differences in brain activity in the subsequent memory paradigm: A meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 45*, 246–257.

Maillet, D., & Rajah, M. N. (2014b). Dissociable roles of default-mode regions during episodic encoding. *NeuroImage, 89*, 244–255.

Malejka, S., & Bröder, A. (2016). No source memory for unrecognized items when implicit feedback is avoided. *Memory & Cognition, 44*, 63–72.

Martínez-Galindo, J. G., & Cansino, S. (2015). Positive and negative emotional contexts unevenly predict episodic memory. *Behavioural Brain Research, 291*, 89–102.

Nie, A., Guo, C., Wu, Y., Qu, N., & Ding, J. (2004). Picture encoding and retrieval: An event-related potential study.

*Chinese Science Bulletin, 49*(20), 2148–2154.

Osipova, D., Takashima, A., Oostenveld, R., Fernández, G., Maris, E., & Jensen, O. (2006). Theta and gamma oscillations predict encoding and retrieval of declarative memory. *Journal of Neuroscience, 26*(28), 7523–7531.

Ozubko, J. D., & Seli, P. (2016). Forget all that nonsense: The role of meaning during the forgetting of recollective and familiarity-based memories. *Neuropsychologia, 90*, 136–147.

Paller, K. A., Kutas, M., & Mayes, A. R. (1987). Neural correlates of encoding in an incidental learning paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 67*(4), 360–371.

Park, H., Kennedy, K. M., Rodrigue, K. M., Hebrank, A., & Park, D. C. (2013). An fMRI study of episodic encoding across the lifespan: Changes in subsequent memory effects are evident by middle-age. *Neuropsychologia, 51*(3), 448–456.

Park, H., Uncapher, M. R., & Rugg, A. M. D. (2008). Effects of study task on the neural correlates of source encoding. *Learning & Memory, 15*(6), 417–425.

Proberbio, A. M., La Mastra, F., & Zani, A. (2016). How negative social bias affects memory for faces: An electrical neuroimaging study. *PLoS One, 11*(9), e0162671.

Righi, S., Marzi, T., Toscani, M., Baldassi, S., Ottonello, S., & Viggiano, M. P. (2012). Fearful expressions enhance recognition memory: Electrophysiological evidence. *Acta Psychologica, 139*(1), 7–18.

Rollins, L., & Riggins, T. (2013). Developmental changes in memory encoding: Insights from event-related potentials. *Developmental Science, 16*(4), 599–609.

Rollins, L., & Riggins, T. (2018). Age-related differences in subjective recollection: ERP studies of encoding and retrieval. *Developmental Science, 21*(3), e12583.

Ross, R. S., Medrano, P., Boyle, K., Smolen, A., Curran, T., & Nyhus, E. (2015). Genetic variation in the serotonin transporter gene influences ERP old/new effects during recognition memory. *Neuropsychologia, 78*, 95–107.

Sanquist, T. F., Rohrbaugh, J. W., Syndulko, K., & Lindsey, D. B. (1980). Electrocortical signs of levels of processing: Perceptual analysis and recognition memory. *Psychophysiology, 17*(6), 568–576.

Schwarz, N. (2010). Feelings-as-information theory. In P. Van Lange, A. Kruglanski, & E. T. Higgins (Eds.), *Handbook of theories of social psychology* (pp. 289–308). Thousand Oaks, CA: SAGE.

Shing, Y. L., Brehmer, Y., Heekeren, H. R., Bäckman, L., & Lindenberger, U. (2016). Neural activation patterns of successful episodic encoding: Reorganization during childhood, maintenance in old age. *Developmental Cognitive Neuroscience, 20*, 59–69.

Shing, Y. L., Werkle-Bergner, M., Brehmer, Y., Müller, V., Li, S. C., & Lindenberger, U. (2010). Episodic memory across the lifespan: The contributions of associative and strategic components. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 34*(7), 1080–1091.

Sliwa, J., & Freiwald, W. A. (2017). A dedicated network for social interaction processing in the primate brain. *Science, 356*, 745–749.

Tsoi, L., Dungan, J., Waytz, A., & Young, L. (2016). Distinct neural patterns of social cognition for cooperation versus competition. *NeuroImage, 137*, 86–96.

Vogelsang, D. A., Bonnici, H. M., Bergström, Z. M., Ranganath, C., & Simons, J. S. (2016). Goal-directed mechanisms that constrain retrieval predict subsequent memory for new "foil" information. *Neuropsychologia, 89*, 356–363.

Voss, J. L., & Paller, K. A. (2009). Remembering and knowing: Electrophysiological distinctions at encoding but not retrieval. *NeuroImage, 46*, 280–289.

Wagner, A. D., Koutstaal, W., & Schacter, D. L. (1999). When encoding yields remembering: Insights from event-related neuroimaging. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 354*(1387), 1307–1324.

Watts, S., Buratto, L. G., Brotherhood, E. V., Barnacle, G. E., & Schaefer, A. (2014). The neural fate of neutral information in emotion-enhanced memory. *Psychophysiology, 51*(7), 673–684.

Wilding, E. L., & Sharpe, H. (2003). Episodic memory encoding and retrieval: Recent insights from event-related potentials. In A. Zani, A. M. Proverbio, & M. I. Posner (Eds.), *The cognitive electrophysiology of mind and brain* (pp. 169–196). San Diego: Academic Press.

Wong, J. X., de Chastelaine, M., & Rugg, M. D. (2013). Comparison of the neural correlates of encoding item-item and item-context associations. *Frontiers in Human Neuroscience, 7*, 436.

Wong, S., Irish, M., O'Callaghan, C., Kumfor, F., Savage, G., Hodges, J. R., ... Hornberger, M. (2017). Should I trust you? Learning and memory of social interactions in dementia. *Neuropsychologia, 104*, 157–167.

Yick, Y. Y., Buratto, L. G., & Schaefer, A. (2015). The effects of negative emotion on encoding-related neural activity predicting item and source recognition. *Neuropsychologia, 73*, 48–59.

Yonelinas, A. P., Aly, M., Wang, W. C., & Koen, J. D. (2010). Recollection and familiarity: Examining controversial assumptions and new directions. *Hippocampus, 20*(11), 1178–1194.

# How does encoding predict retrieval? Evidence from subsequent memory effects

NIE Aiqing; LI Mengsi; PAN Ru

(*Department of Psychology and Behavioral Sciences, Zhejiang University, Hangzhou* 310028, *China*)

**Abstract:** Within memory research, the relation between encoding and retrieval has been under the spotlight. Research in the past 37 years (1980-present) has demonstrated that there are differences between the neural mechanisms activated by subsequently remembered information and subsequently forgotten information during encoding, which are labeled as subsequent memory effects. Such effects indicate that it's possible to predict retrieval according to the neural activities during encoding. In the past decade (2008~2017), researchers have opened new paths on subsequent memory effects inspired by previous studies in this field, such as focusing on the influences of processing levels and orientating tasks during encoding, comparing the effects among different retrieval tasks, exploring the similarities and differences among different age groups, and examining the impacts of emotional items and emotional contexts. In this sense, detailed reviews were made from these aspects. Furthermore, we pointed out several possible directions for future studies: (a) integrating previous results, (b) improving theoretical models, (c) exploring more social factors, (d) focusing on individual and group differences, as well as (e) extending applications.

**Key words:** subsequent memory effects; encoding task; retrieval task; age; emotion